



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS DE CERRO LARGO
FÍSICA LICENCIATURA**

VAGNER SCHILLREFF DINIZ

CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO RODA D'ÁGUA

**CERRO LARGO
2018**

Vagner Schillreff Diniz

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS DE CERRO LARGO
CURSO DE FÍSICA LICENCIATURA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC**

CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO RODA D'ÁGUA

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Física – Licenciatura da Universidade Federal da
Fronteira Sul.

Orientador: Profº Dr. Marcos Alexandre Dullius.

**CERRO LARGO
2018**

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Dinis, Vagner Schillreff
CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO RODA D'ÁGUA / Vagner
Schillreff Dinis. -- 2018.
1 f.

Orientador: Professor Doutor Marcos Alexandre Dullius

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Física-Licenciatura, Cerro Largo, RS , 2018.

1. CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO RODA D'ÁGUA. I. ,
Marcos Alexandre Dullius, orient. II. Universidade
Federal da Fronteira Sul. III. Título.

VAGNER SCHILLREFF DINIZ

CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO RODA D'ÁGUA

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Física – Licenciatura da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientador: Professor Dr. Marcos Alexandre Dullius

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em
24 / 12 / 2018

BANCA EXAMINADORA:



Professor Dr. Ney M. Barraz Jr. – UFFS

Professor Dr. Thiago de Cacio Luchese – UFFS

Professor Dr. Marcos Alexandre Dullius – UFFS

Dedico esse trabalho a Deus, e a todos que me ajudaram nessa caminhada até aqui, principalmente a minha família, por estar sempre comigo.

RESUMO

Com o passar dos anos, juntamente com a evolução tecnológica, observamos uma crescente demanda energética no mundo todo este cenário motivou nações, e organizações a buscar junto com essa “evolução”, o uso alternativo e consciente das fontes de energia limpa e renováveis. A roda de água é um dispositivo circular montado sobre um determinado eixo, contendo na sua periferia cubas dispostas, de modo a acumular água em seus recipientes. A água é conduzida através de um canal e derramada na parte superior da roda, de modo a encher as cubas à medida que estas passam pela parte mais alta da roda, isso faz com que as cubas aumente de peso e massa, ocasionando o movimento giratório por meio de diferença de energia potencial gravitacional. O trabalho desenvolvido a seguir descreve o funcionamento mecânico do protótipo gerador de energia elétrica, com o uso de uma maquete da roda d’água, que converte a energia potencial presente na água em energia cinética, ocasionando o giro da roda e consequentemente ocorre a transformação em energia mecânica, essa energia mecânica será responsável em girar o eixo rotor presente no gerador. A energia potencial presente no fluxo da água é transformada, como citado anteriormente, em energia mecânica, essa energia (força motriz) é transferida por meio de um eixo que é acoplado na roda d’água, o eixo está interligado em um conjunto de roldanas, essas roldanas farão a modificação de forças e velocidades do sistema mecânico, até concentrar todo o movimento no eixo do gerador.

Palavra Chave: Evolução. Renováveis. Mecânico. Energia.

ABSTRACT

Over the years, along with technological developments, we have seen a growing demand for energy worldwide. This scenario has motivated nations and organizations to seek along with this "evolution", the alternative and conscious use of clean and renewable energy sources. The water wheel is a circular device mounted on a given axis, containing at its periphery arranged tanks, so as to accumulate water in its containers. The water is drawn through a channel and poured into the top of the wheel so as to fill the vats as they pass through the top of the wheel, this causes the vats to increase in weight and mass, causing the rotary movement by means of a difference of gravitational potential energy. The work developed below describes the mechanical functioning of the electric power generating prototype, using a model of the water wheel, which converts the potential energy present in the water into kinetic energy, causing the wheel to spin and consequently the transformation takes place in mechanical energy, this mechanical energy will be responsible for rotating the rotor axis present in the generator. The potential energy present in the water flow is transformed as mentioned above into mechanical energy, this energy (driving force) is transferred by means of an axis which is coupled to the water wheel, the shaft is interconnected in a set of pulleys , these pulleys will make the modification of forces and speeds of the mechanical system, until all movement in the axis of the generator is concentrated.

Keyword: Evolution. Renewable. Mechanical. Energy.

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO.....	8
1.1- OBJETIVOS.....	9
2- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	9
3- METODOLOGIA.....	11
3.1- PRINCÍPIOS DO FUNCIONAMENTO.....	11
3.2- CORRENTE ELÉTRICA.....	20
3.3- GERADOR ELÉTRICO.....	20
3.4- DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	21
3.5- MATERIAIS UTILIZADOS.....	23
3.6- DIMENSIONAMENTO DAS PEÇAS.....	23
4- RESULTADOS.....	25
5- CONCLUSÃO.....	26
6- REFERÊNCIAS.....	27

1- INTRODUÇÃO

A energia potencial gravitacional está associada ao estado de separação entre dois objetos que interagem por meio de um campo gravitacional, onde ocorre a atração mútua, ocasionada pela força gravitacional. Quando elevamos um corpo de massa m a uma altura h , estamos transferindo energia para o corpo na forma de trabalho. Este tipo de roda extrai principalmente a energia potencial da água uma vez que faz o aproveitamento do deslocamento da água de um ponto mais alto para um ponto mais baixo, convertendo o movimento em trabalho ou torque. Dentre os usos das rodas d'água podemos citar: Moinhos d'água, Bomba d'água, Barco a Vapor e Geração de Energia Elétrica.

O movimento da roda d'água é ocasionado pelo direcionamento da queda de d'água para parte superior da roda d'água, fazendo com que suas caçapas ou cubas sejam preenchidas pela corrente de água, aumentando de peso. Por diferença de energia potencial, a cuba preenchida tende a descer fazendo a roda girar, gerando um torque em seu eixo. À medida que a cuba desce despejando a água e diminuindo seu peso, em contra partida a cuba que passa pela corrente de água na parte de cima da roda fica mais pesada, e esse ciclo faz com que a roda gire, enquanto existir água (MACENTIRE, 1983). O formato das cubas é projetado para que as mesmas retenham água o maior tempo possível (até o nível mais baixo), aumentando a força peso, e consequentemente o torque (JUNIOR, 2007).

As rodas d'água ainda hoje são utilizadas por engenhos em pequenos sítios espalhados por todo o país, e desempenharam um papel importantíssimo no século passado, relacionando seu funcionamento diretamente com a produção de açúcar, principal produto da época. O homem instigado por sua curiosidade na busca da evolução tecnológica desenvolveu no decorrer de anos o aperfeiçoamento sobre a utilização e o controle da energia das águas dos rios, córregos, represas, riachos etc. Com o controle desta força que possui pequena variação durante seu escoamento, promoveu o desenvolvimento de ideias que cada vez mais tornam-se fundamentais para o ser humano durante sua vida, como exemplo a geração de energia elétrica utilizando fontes de energia limpa.

A energia potencial sempre está presente no movimento da água. Seu uso é importante na área agrícola e tem papel fundamental no abastecimento elétrico gerenciado por grandes empresas no mundo todo. Existem alguns relatos de que moinhos movidos pela força da água (chamados de roda Hidráulica) já haviam sido fabricados pelo menos nos anos 200 a.C.

(LISENGEM, 2003), perdurando seu uso até os dias atuais. Sua evolução culminou no surgimento de potentes turbinas hidráulicas das centrais hidrelétricas, que geram milhões de watts de potência em todo o mundo.

Um sistema hidráulico consiste em um conjunto de elementos físicos associados, que utilizando um fluido como meio de transferência de energia, permite a transmissão e controle de forças do movimento. É o meio pelo qual uma forma de energia de entrada é convertida e condicionada, tendo como saída energia mecânica útil (LISENGEM, 2003).

Com os avanços tecnológicos aprimorados no decorrer dos últimos 50 anos, a energia elétrica nas residências tornou-se uma necessidade básica. Porém, ainda em localidades no interior do país a luz elétrica apresenta deficiência em seu fornecimento. Visando obter energia elétrica com baixo custo de produção a roda d'água acoplada em um gerador é uma ótima alternativa para reduzir o consumo elétrico de uma residência ou até mesmo gerar energia elétrica para toda a propriedade, desde que construída de acordo com a demanda de água e consumo local.

1.1- OBJETIVOS:

1.2- Objetivo Geral:

Compreender a dinâmica e funcionamento da roda d'água, através de interpretações teóricas e práticas das leis da Física envolvidas no protótipo da roda d'água que exemplificará o sistema de geração de energia elétrica em pequena escala.

1.3- Objetivo Específico:

- Planejar e Construir um protótipo de roda d'água;
- Compreender os conceitos físicos envolvidos durante o funcionamento da roda de água;
- Analisar o movimento do conjunto mecânico desde a roda d'água até a geração de energia elétrica;

2- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA;

Inicialmente, destacaremos alguns conceitos físicos e as principais unidades que serão discutidas ao longo deste trabalho.

- Joule (J) é uma unidade de energia e trabalho no Sistema Internacional de Unidades (SI), que representa o trabalho necessário para exercer uma força de 1 Newton (N) por 1 metro (N.m);

- Watt (W) é uma unidade de Potência, energia produzida ou consumida por unidade de tempo, que representa a transferência de 1 Joule durante 1 segundo;
- Watt-hora (Wh) é quantidade de energia utilizada para alimentar uma carga com potência de 1 W pelo período de 1 h.

As rodas d'água podem funcionar apenas com o peso da água, ou com a velocidade do fluxo de água ou ainda com uma combinação dos dois processos. As rodas d'água com admissão por cima funcionam com o peso da água, enquanto as rodas d'água com admissão por baixo funcionam com a velocidade do fluxo. Há ainda as rodas d'água com admissão lateral e funcionam associando os dois princípios tanto com o peso da água quanto por seu fluxo (FAPEPE, 2007.)

Conforme ilustra a Figura 1, independente de qual o tipo de roda d'água, o seu giro é provocado por uma grandeza física de nome Torque, e tem seu componente vetorial definida pela regra da mão direita.

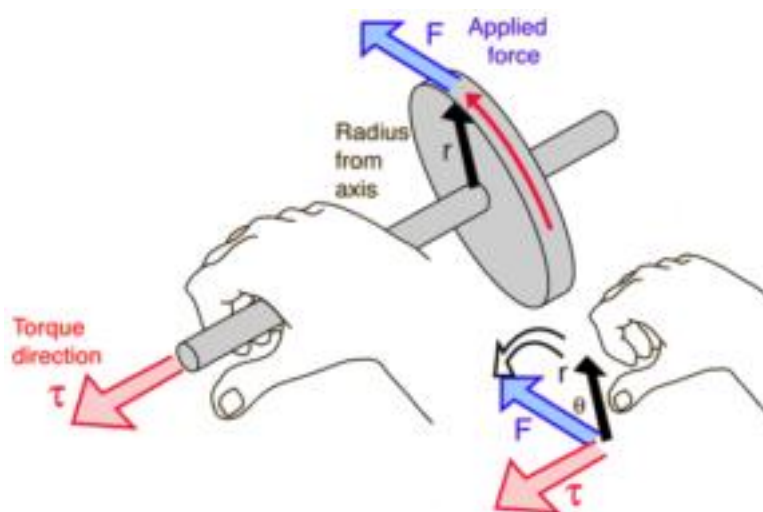


Figura 1: Definição da componente vetorial para o Torque.

Fonte: R Nave, Georgia State University

Na figura anterior a aplicação da força (F) a uma distância (d) do ponto P, produz um Torque, que pode ser expresso pela Equação 1.1:

$$T = F \cdot d \quad (1.1)$$

Onde:

F – força [N]

T – torque [N.m] ou [kgf.m]

d – raio da circunferência[m].

Um exemplo típico de produção de torque para proporcionar giro é o caso da pedivela de uma bicicleta que quando aplicado uma força (F) a uma distância (d) no braço da pedivela, aciona as engrenagens responsáveis por colocar a bicicleta em movimento. Na roda d'água com admissão por cima, o acúmulo da água nas canecas resulta, devido à ação da gravidade, em uma força peso (P), e que está sendo aplicada a uma distância do eixo, igual ao raio da roda, assim quanto maior o raio da roda, maior será o torque. Durante o funcionamento da roda d'água, várias canecas armazenam água sucessivamente, desse modo o formato das canecas é projetado para que elas se mantenham cheias o maior tempo possível, aumentando a força peso e o torque durante o giro da roda. Para cada caneca, a massa de água acumulada varia, contribuindo individualmente com a força peso no valor do torque total da roda.

Com o sistema mecânico desenvolvido, podemos calcular a potência mecânica produzida durante o movimento da roda. Esse cálculo se dará através do produto do torque pela velocidade de rotação, conforme Equação 1.2, descrita a seguir:

$$P = T \cdot N \quad (1.2)$$

P – Potência Mecânica (W);

T – Torque (N.m);

N – Velocidade de Rotação (rpm).

E a velocidade de Rotação é dada pela Equação 1.3.

$$\begin{aligned} N &= \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \\ N &= \frac{2\pi}{T} \\ N &= 2\pi f \end{aligned} \quad (1.3)$$

T – Período de rotação (tempo gasto para dar uma volta);

f – Frequência [Hz]

Assim quanto maior o torque ou a velocidade de rotação, maior a potência mecânica gerada. No movimento da roda d'água para obtermos um torque maior, precisamos aumentar o peso, conseqüentemente o volume das canecas para uma mesma vazão, quando realizamos esse processo, a velocidade de rotação diminui na mesma proporção do aumento do torque, e a potência se mantém aproximadamente constante. Sendo assim, a energia não se perde, mas sim, se transforma de um tipo em outro. E pode ser armazenada. Essa é a chamada Lei da Conservação de Energia.

3- METODOLOGIA (CONSTRUÇÃO DETALHADAMENTE):

3.1- Princípio de Funcionamento:

O movimento da roda d'água é ocasionado pelo direcionamento da queda de d'água pra parte superior da roda d'água, fazendo com que suas caçapas ou cubas sejam preenchidas pela corrente de água, aumentando de peso. Por diferença de energia potencial, a cuba preenchida tende a descer fazendo a roda girar através do torque gerado em seu eixo, conforme a Figura 1. A medida que a cuba desce despeja água e diminui seu peso, ilustrado na Figura 2. Em contra partida a cuba que passa pela corrente de água na parte de cima da roda fica mais pesada, e esse ciclo faz quem que a roda gire, enquanto existir água (MACENTIRE, 1983).

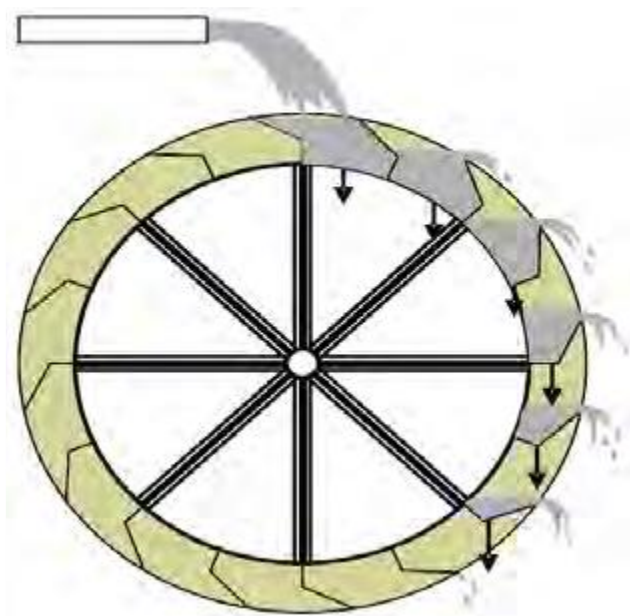


Figura 2: Geração do torque em uma roda d'água acionada por cima (Souza. Desenvolvimento de aplicativo de análise técnica e econômica para adaptação de uma roda d'água acionada por cima para geração de energia elétrica no meio rural / Jeferson Carneiro de Souza Guaratinguetá : [s.n], 2011).

Na Figura 3, o formato das cubas é projetado para que as mesmas retenham água o maior tempo possível (até o nível mais baixo), aumentando a força peso, e consequentemente o torque (JUNIOR, 2007). Esse torque gerado no eixo da roda é utilizado para gerar energia elétrica, por meio de um gerador elétrico acoplado ao eixo secundário da roda.



Figura 3: Cubas presente na roda d'água.

A força peso criada nas cubas, de acordo com a Figura 2, devido ao fluxo da água faz com que a roda gire. Dessa forma o eixo de baixa rotação, que está acoplado nas polias e também a um eixo secundário, entra em rotação. Esse primeiro eixo compartilha o movimento angular do rotor, tendo uma rotação baixa, o eixo secundário tem como função o aumento da velocidade do sistema, para aumentar a velocidade de rotação do eixo rotor do gerador. Para que o gerador consiga operar em perfeito funcionamento é necessária a instalação de um variador de velocidade com polias, esse sistema de polias irá transferir o movimento entre eixos, aumentando a velocidade de rotação de todo o sistema, até a conexão com o gerador, para que possa haver a conversão da energia cinética em energia elétrica. Todo esse mecanismo é sustentado pela base de apoio, que mantém o posicionamento da estrutura no seu devido lugar, conforme a Figura 4:



Figura 4: Base de apoio para o sistema de geração de energia elétrica

O sistema de apoio é a base do protótipo. Nele o eixo da roda d'água está fixo. Já o eixo secundário é móvel, para ocasionar ajustes da correia e controle da velocidade necessária para girar o eixo rotor do gerador.

3.1.1 - Eixos:

Os eixos são as estruturas que transferem a energia cinética obtida pela roda d'água para as roldanas (variador de velocidade), apresentado na Figura 5 e 5.1. Uma vez que o variador não pode ter esforços agindo sobre ele, fica a cargo do eixo e seus rolamentos de atuarem como agentes neutralizadores de qualquer força externa agindo sobre o sistema. No caso, as forças atuantes são o torque e o peso do sistema descritos na Eq. 1.1.

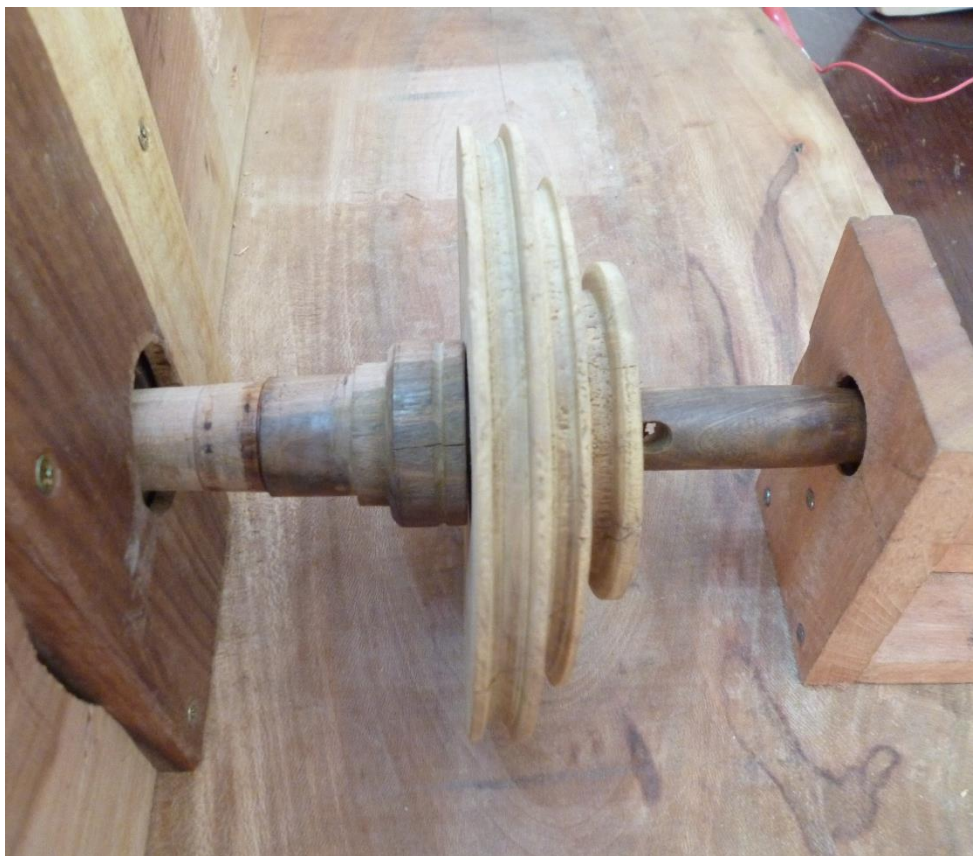


Figura 5: Eixo principal de sustentação da roda d'água, com polias acopladas.



Figura 5.1: Eixo secundário, com polias acopladas.

3.1.2 – Polias: Multiplicadores de Velocidade (MV):

As rodas d'água têm baixa velocidade de rotação. Dependendo do tipo de aplicação, como exemplo a geração de energia elétrica, as velocidades de rotação dos eixos devem ser maiores, pois não existem no mercado geradores para baixa rotação e pequena potência. Nessa situação, é necessário utilizar multiplicadores de velocidade, conforme as Fig. 6 e 6.1:



Figura 6: Sistema de roldanas acopladas ao eixo principal da roda d'água.

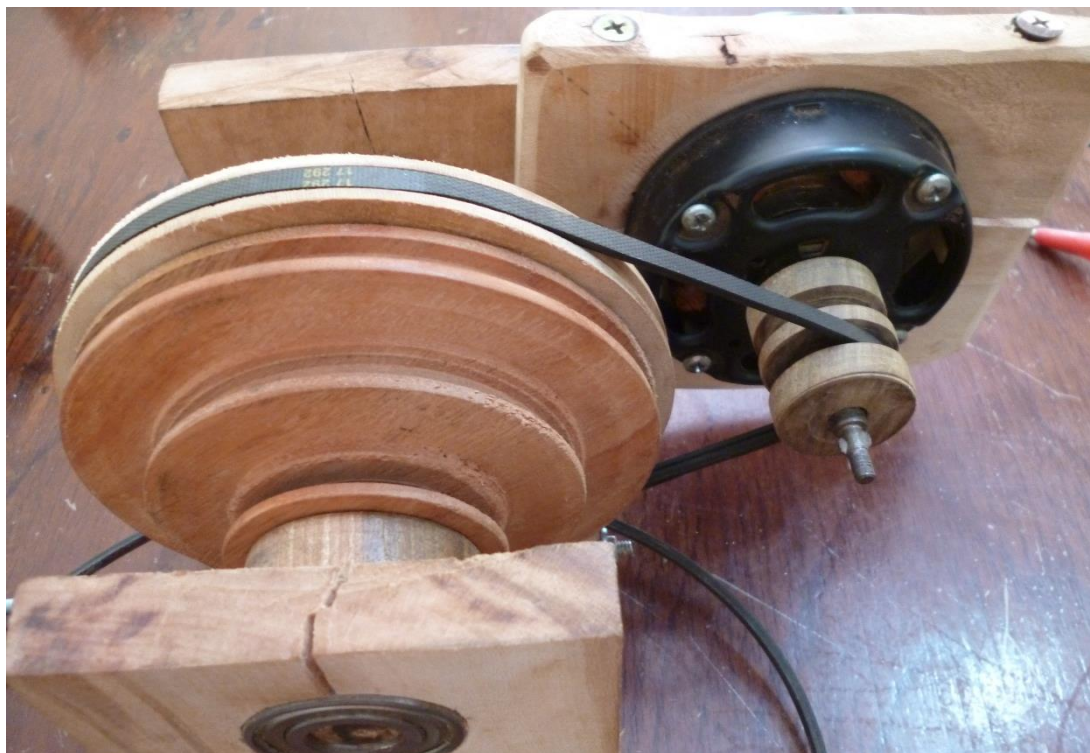


Figura 6.1: Sistema de polias acopladas no eixo secundário, e no eixo rotor do gerador.

Os multiplicadores de velocidade consistem de dispositivos compostos por polias interligadas através de correias, que proporcionam aumento das velocidades de rotação entre eixos, ilustrada na Figura 7:

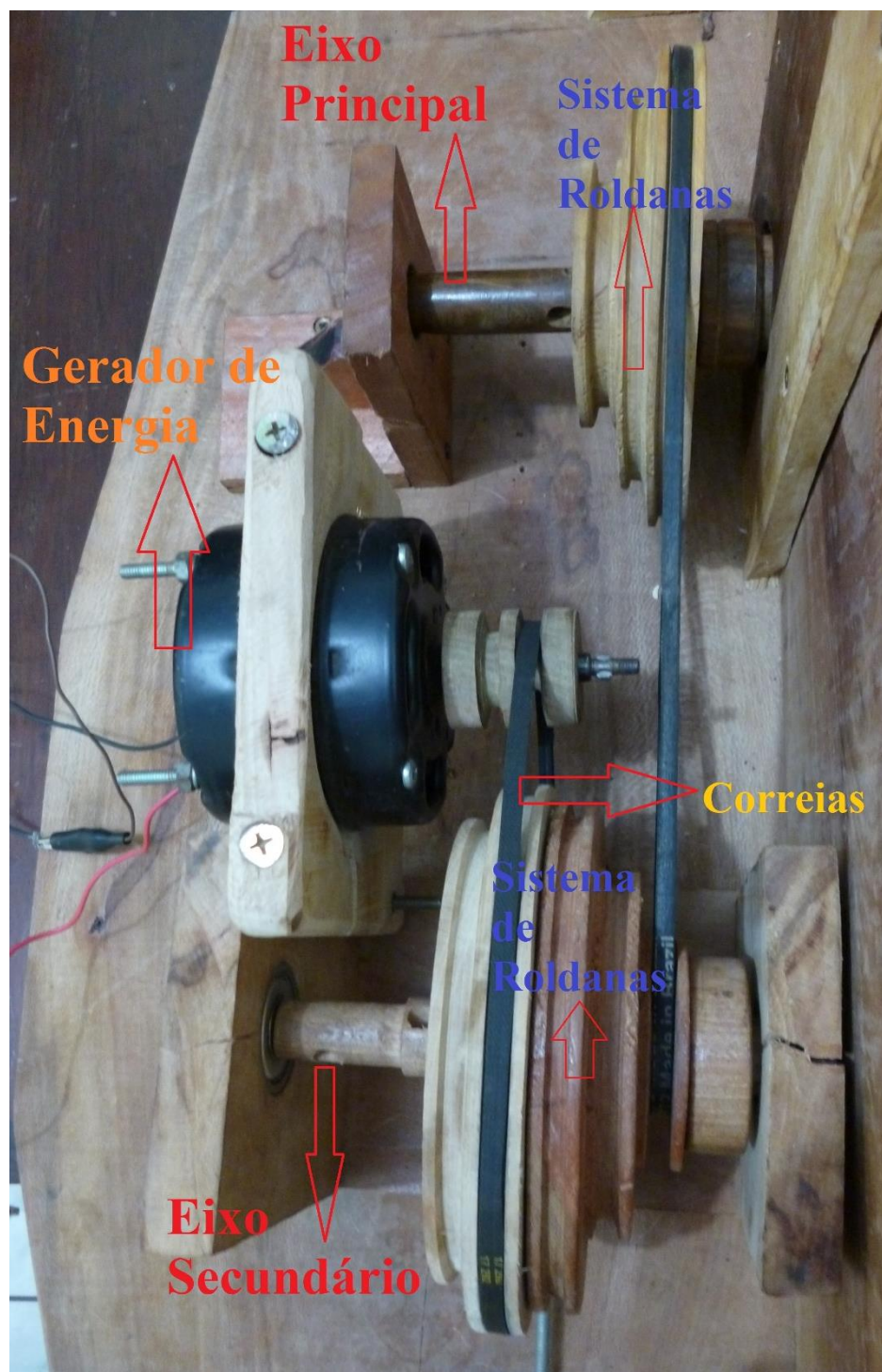


Figura 7: Sistema Multiplicador de velocidade interligado por correias.

Polias “são tipos de rodas utilizadas em máquinas para direcionar a força feita sobre determinados objetos por meio de fios, cordas ou cabos, de modo que seja possível desviar a trajetória ou até mesmo levanta-los. Elas são utilizadas na construção civil, na composição de motores, aparelhos de academia etc.”(Brasil Escola).

A velocidade de rotação em qualquer ponto da roda d'água é a mesma. No entanto a chamada velocidade tangencial é dada pelo produto entre a velocidade de rotação e a distância até o centro do disco (raio), conforme as Eq. 1.4 e 1.5:

$$V_1 = N_1 \cdot r_1 \quad (1.4) \quad \text{e} \quad V_2 = N_2 \cdot r_2 \quad (1.5)$$

Onde

V – Velocidade Tangencial (m/s);

N – Velocidade de Rotação (rpm);

r – Raio (m).

Quando acoplamos duas polias de diferentes raios através de uma correia, fazemos com que a velocidade tangencial seja a mesma, já que admitimos não haver escorregamento entre a correia e as polias, conforme a Figura 8:

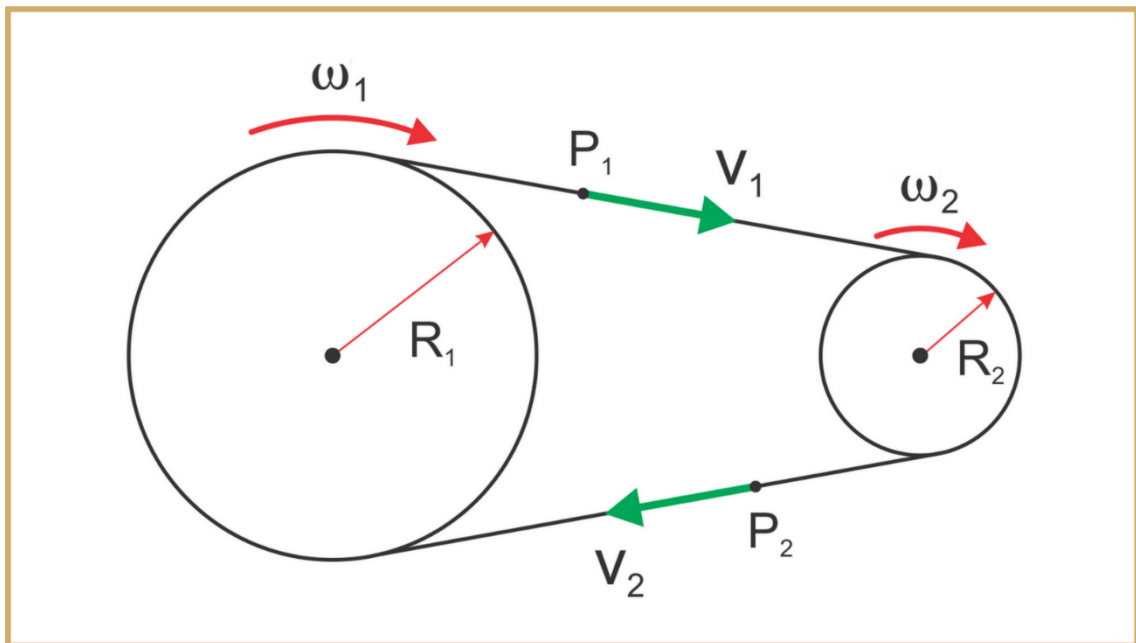


Figura 8: Esquema de velocidades tangencial e de rotação, com polias de diferentes raios.

Fonte: Fundamentos da Física.

Assim, igualando as Eq. 1.4 e 1.5, temos:

$N_1 \cdot r_1 = N_2 \cdot r_2$, sendo:

$$N_1 = \frac{N_2 \cdot r_2}{r_1} \quad (1.6)$$

A Equação 1.6 nos mostra que as velocidades de rotação das polias são função dos raios de cada uma. Quando se deseja aumentar a velocidade de rotação deve-se usar uma polia grande acionando uma pequena. Se, por outro lado, deseja-se reduzir a velocidade de rotação, deve-se utilizar uma polia pequena acionando uma grande, como ilustrado na Figura 8.

3.2 – Corrente Elétrica:

A ligação entre eletricidade e magnetismo foi descoberta por Oersted, quando verificou que o fenômeno da deflexão da agulha de uma bússola, ocorre ao aproximá-la de um condutor com eletricidade. Assim concluiu-se que uma corrente elétrica em um condutor induz um campo magnético em suas proximidades, (JUNIOR, 2007).

Posteriormente Faraday descobriu outra conexão: a variação de um campo magnético que atinge um fio condutor de eletricidade faz com que apareça uma corrente induzida no mesmo, Figura 9:

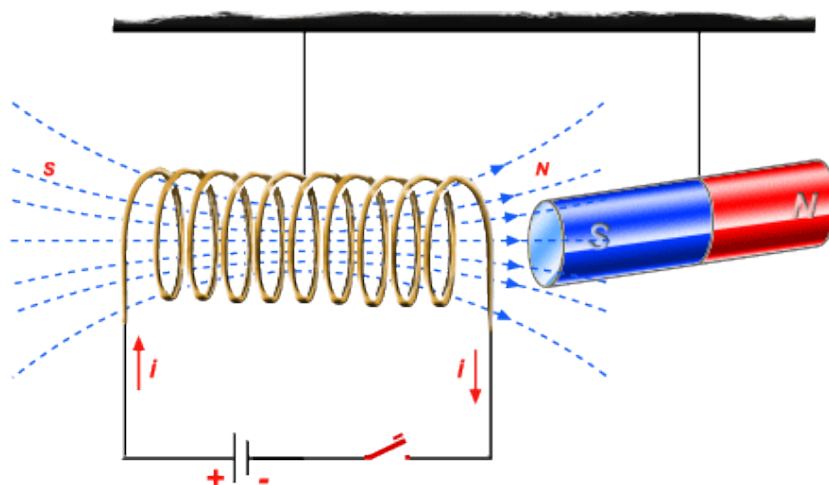


Figura 9: Corrente induzida criada pelo campo magnético do ímã (http://www.cepa.if.usp.br/e-fisica/eletricidade/basico/cap15/cap15_04.php)

Logo, aproximando ou afastando um ímã de uma bobina, a corrente elétrica na mesma será induzida. Esta mesma corrente induzida gera outro campo magnético, oposto ao anterior. Este fenômeno é conhecido como Lei de Lenz (JUNIOR, 2007).

3.3- Gerador Elétrico:

Ao movimentar um ímã próximo a um condutor, nesse condutor irá aparecer uma tensão induzida. O gerador elétrico é o aparelho elétrico que visa à otimização desse processo e é constituído de um rotor, que é girante e que produz o campo magnético. Já a parte onde a bobina está fixada chama-se estator, pois é a parte fixa da máquina (NOGUEIRA, 2007).

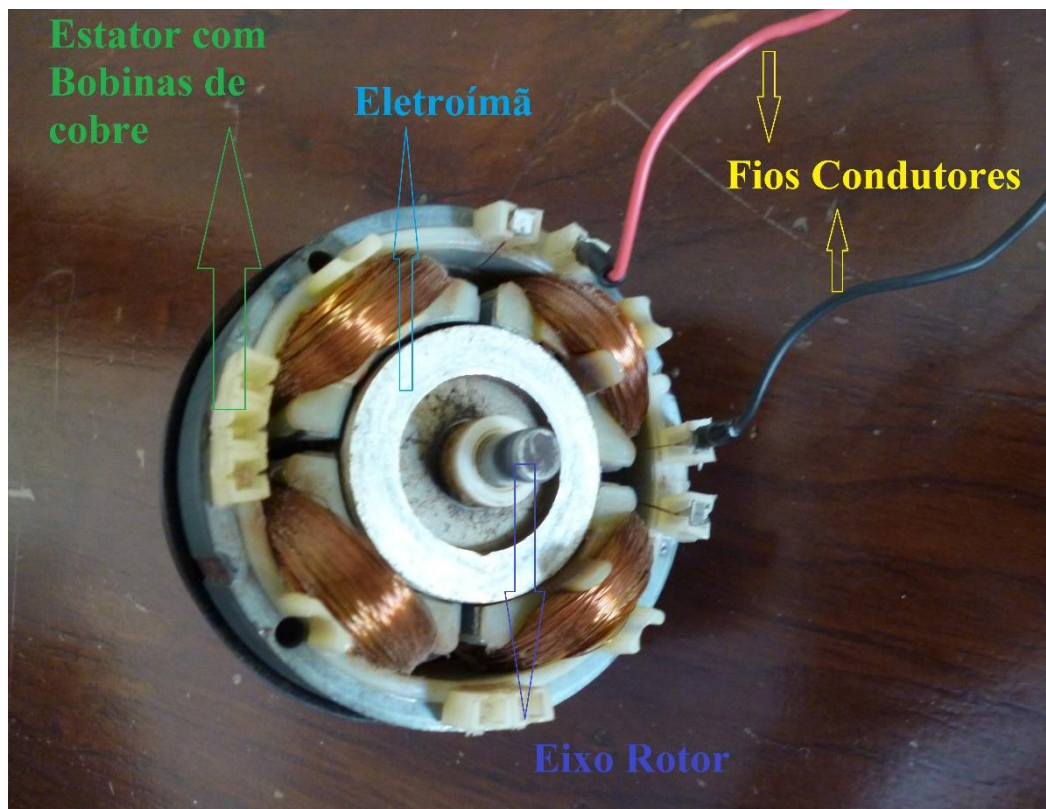


Figura 10: Estrutura interna do gerador elétrico utilizado.

Quando há o movimento giratório do rotor há variação do campo magnético nas bobinas do estator, gerando a tensão induzida. E esta tensão gerada é do tipo corrente contínua (CC).

Os geradores são máquinas de alto rendimento (85 a 90%), considerando uma faixa de potência de microcentrais hidrelétricas, que é o caso deste trabalho. A maior parte dos geradores é do tipo síncrono (eletroímã no rotor). Estes geralmente são de baixas tensões (110/220 V), que são as tensões padronizadas da maioria dos equipamentos elétricos existentes (NOGUEIRA, 2007).

3.4 - Distribuição de Energia Elétrica (condutores elétricos):

Após a transformação da energia mecânica para a elétrica, esta precisa ser transportada até o local onde será utilizada. Para o transporte de energia elétrica utiliza-se o condutor elétrico, conforme Figura 11:



Figura 11: Fio condutor de eletricidade.

De acordo com Contrim (1992), fio elétrico é um produto metálico, geralmente de forma cilíndrica e cujo comprimento é muito maior que a maior dimensão transversal, utilizado para transportar energia elétrica até a fonte de luz. Como a corrente produzida tem pouca amperagem, os cabos elétricos não necessitam serem muito espessos.

A corrente produzida é direcionada para o LED, que é a abreviação de Light Emmiting Diode ou Diodo Emissor de Luz e seu princípio de funcionamento pode ser entendido a partir da análise de sua estrutura. Temos uma junção P-N, ou seja, um diodo semiconductor comum. Quando uma corrente atravessa a junção o processo de recombinação dos portadores de carga faz com que ocorra um estímulo e emissão que se concentra principalmente na faixa do visível. Uma característica importante observada nessa radiação é que, em lugar de sua frequência ser aleatória, como no caso da lâmpada incandescente que se espalha pelo espectro, ela tem uma frequência muito bem definida, que depende do tipo de material usado no semiconductor.

Na Figura 12, podemos observar a estrutura interna do LED:

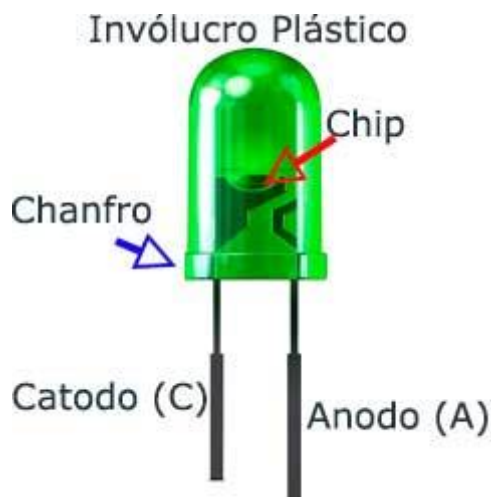


Figura 12: Estrutura Internado LED (<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/733-como-funcionam-os-leds-art096>)

No trabalho não temos como princípio estudar o funcionamento do LED, e sim a geração de energia elétrica que ocasionara o surgimento da luz, para esse devido processo por utilizarmos um gerador elétrico de baixa tensão, nosso Led a ser ativado possui 3V de tensão, conforme a Figura 13:

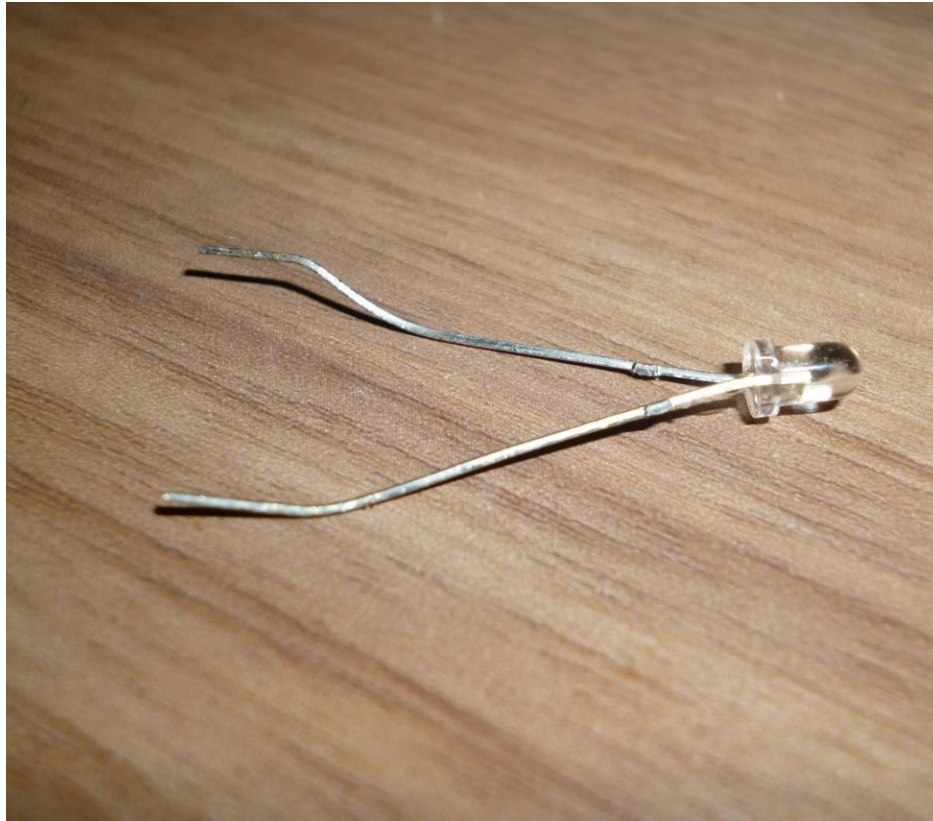


Figura 13: Led (3 Volts).

3.5 - Materiais Utilizados:

Alguns materiais foram utilizados na construção e desenvolvimento do protótipo, dentre eles pregos, parafusos, rolamentos, motor de ventilador, fios elétricos, Led (3 V), amperímetro, duas correias, cano PVC (40 mm), balde, registro (40 mm), madeira, cola de madeira, furadeira e brocas.

3.6 - Dimensionamento das Peças:

Na tabela 1 encontra-se descrito os dimensionamentos das peças utilizadas e desenvolvidas no trabalho:

Tabela 1: Dimensionamento das peças utilizadas no protótipo de geração de energia elétrica.

Peças	Dimensionamento	(mm)	(cm)
Suporte para Base de Apoio	Altura		102,5
	Largura		29,0
	Comprimento		65,5
Base de Apoio do Sistema	Altura		31,0
	Largura		27,0
	Comprimento		60,0
Roda d'água	Raio		25,5
	Espessura		6,5
Cubas	Altura		6,5
	Comprimento		6,5
	Largura		5,5
Eixo Principal	Comprimento		23,0
Rolamento Pequeno Eixo Principal	Raio Interno	17,0	
	Raio Externo	39,0	
Rolamento Grande Eixo Principal	Raio interno	52,0	
	Raio Externo	27,0	
Roldana Grande Eixo Principal	Diâmetro	141,0	
Roldana Média Eixo Principal	Diâmetro	118,0	
Roldana Pequena Eixo Principal	Diâmetro	67,0	
Base de Apoio Eixo Principal	Altura		10,0
	Largura		7,0
	Comprimento		8,5
Distância Eixo Principal - Eixo Secundário	Comprimento		22,5
Eixo Secundário	Comprimento		15,5
Rolamento Eixo Secundário	Raio Interno		10,0
	Raio Externo		34,0
Roldana Grande Eixo Secundário	Diâmetro	129,0	
Roldana Média Eixo Secundário	Diâmetro	90,0	
Roldana Pequena Eixo Secundário	Diâmetro	12,0	
Roldana Grande Eixo Secundário - Gerador	Diâmetro	137,0	
Base de Apoio Eixo Secundário	Altura		13,0
	Largura		10,0
	Comprimento		16,0
Roldana do Gerador	Diâmetro	12,0	
Base do Gerador	Altura		12,0
	Largura		1,7
	Comprimento		14,5
Fios Elétricos	Comprimento		122,0
Cano PVC	Diâmetro	40,0	
	Comprimento		65,0

Fonte: Elaborado Pelo Autor.

4- Resultados:

As Fig. 14 e 14.1, descrevem estrutura do gerador elétrico, com a queda da água localizada a 108,5 cm e relação ao solo, e vazão aproximada de 2,5 l/s, medimos o valor da Tensão em 1.6 V, acionando o Led.



Figura 14: Imagem do Protótipo Gerador de Energia Elétrica



Figura 14.1: Imagem do Protótipo Gerador de Energia Elétrica

5- Conclusão:

O homem vem aproveitando a energia hidráulica e convertendo-a em outras formas de energia útil há milhares de anos, no decorrer desse período de evolução, até os dias atuais, vários novos dispositivos foram criados e aperfeiçoados, o último estágio de aperfeiçoamento das máquinas hidráulicas deu origem às turbinas hidráulicas que utilizamos atualmente na geração de energia elétrica, este tipo de máquina hidráulica possui condições de adequação às mais variadas vazões e altura de queda da água, e operam com rendimentos e conversão de energia em índices elevados.

Nas últimas décadas, em função da utilização de recursos renováveis, com o uso de equipamentos não poluentes, o interesse pela roda d'água foi renovado, e suas aplicações diversificadas. Atualmente existem rodas d'água acopladas a geradores para a produção de energia elétrica, com elevada eficiência, se constituindo como uma interessante opção para abastecimento elétrico de comunidades isoladas ou domicílios rurais

Nesse trabalho podemos ver na prática, alguns princípios físicos que compõem um sistema mecânico, o protótipo da roda d'água para geração de energia elétrica obteve êxito, baseado desde a tomada das medidas necessárias, como a altura da queda da água que fornece a energia potencial, e através do movimento converte a energia cinética em mecânica, pondo a roda d'água a girar, assim todo o sistema de roldanas que está interligado por correias distribui o movimento, bem como alterando as respectivas velocidades angulares de cada eixo, até a concentração da velocidade de rotação no eixo rotor do gerador, induzindo assim uma corrente elétrica útil na geração de luz.

Como passo futuro com esse protótipo pode ser criado um manual de aula, abrangendo os conteúdos físicos trabalhados no ensino médio, sendo uma maquete ilustrativa e de fácil manuseio, com visualização ampla do sistema mecânico e seu funcionamento. Pode-se também realizar medidas de velocidade da roda, de acordo com a modificação de altura da queda d'água e novas medidas de tensão e corrente, o gerador de energia pode ser desacoplado e desmontado, para exposição das peças internas, evidenciando a Lei de Lenz.

REFERÊNCIAS

COTRIM, A.A.M.B. **Instalações Elétricas**. 3.ed. Ed. Makron Books, 1992, São Paulo.

LINSINGEN, I.V. **Fundamentos de Sistemas Hidráulicos**. 2.ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2003.

MACINTYRE, A.J. **Máquinas Motrizes Hidráulicas**. Ed. Guanabara Dois, 1983, Rio de Janeiro.

POTTER, M.C.; WIGGERT; D.C. **Mecânica dos Fluidos**. Ed. Thomson, 2004, São Paulo.

SOUZA, J.C. **Desenvolvimento de aplicativo de análise técnica e econômica para adaptação de uma roda d'água acionada por cima para geração de energia elétrica no meio rural** / Jeferson Carneiro de Souza – Guaratinguetá : [s.n], 2011.

STANO JÚNIOR, **Hidráulica** / Ângelo Stano Júnior , Valdinéia Aparecida Bitencourt e Geraldo Lúcio Tiago Filho ; organizado por Geraldo Lúcio Tiago Filho ; revisão Ângelo Stano Júnior e Adriana Barbosa ; colaboração Camila Rocha Galhardo ; editoração e arte-final de Adriano Silva Bastos. -- Itajubá, MG : FAPEPE, 2007.

Trabalhando com rodas d'água/ Desenvolvido pelo IEEE como parte do TryEngineerinG. Disponível em <www.tryengineering.org>. Acesso em 22 nov. 2018.